

传输皮带秤综述

中国计量科学研究院 周祖濂

摘要: 本文给出计算传输皮带机皮带张力的公式, 对皮带张力引起的测量误差进行分析和估算。根据皮带秤的计量要求, 对传感器等的选用进行了分析。介绍了模块式带皮秤。

关键词: 皮带张力计算 皮带效应 模块皮带秤 (Modular Belt Scale)

一、前言

传输皮带秤由称重秤架, 传感器, 称重控制显示仪表, 测速/测距传感器组成。在使用时必须安装在皮带输送机上, 用来称量传输皮带上所运送的散料的总量。被广泛用于港口、工矿、电厂等场所。是计量大综物料的重要的大型衡器。与其它类衡器相比, 传输皮带秤有一些显差的特点。

- 传输皮带秤的测量结果不仅取决于称量架, 还取决于皮带输送机的性能。同一台称重架配用不同的皮带输送机, 其称重结果可以有很大的差异, 造成这种差异的主要原因是所谓的“皮带效应”。

- 传输皮带秤的称重结果, 不仅取决于对物料重量的测量精度, 还取决于对皮带运行速度或距离的测量精度, 它的测量结果有赖于重量和长度两个物理量的测量精度。

- 到目前为止, 皮带秤尚未建立一个能定量描述的数学模型。

- 传输皮带秤是唯一能对大综物料进行连续称重的自动衡器, 其量程由每小时几吨至每小时几千吨, 甚至万吨以上。且连续工作的时间均非常长。因此对传输皮带秤的校验、维护和工作的稳定性、可靠性都是用户非常关心的问题。

二、传输皮带秤的数学模型

大多数的文章和书本中都是针对皮带秤的称重架给出各支点的静力平衡方程式。使我们能求出称重传感器受力大小和秤架的应力强度要求。图 1 示出单托棍、双杠杆和悬浮式秤架的受力特性图。这种分析完全是按静力平衡来分析, 既没有考虑到皮带的影响, 也没能从动态称重的特点来分析皮带秤的称重过程。所以这样的分析, 很难使读者对传输皮带秤的称重过程有一明晰的了解。

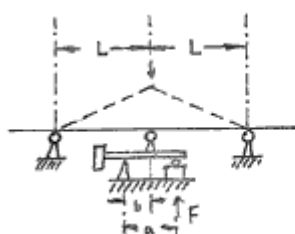


图 1-a 单托棍式秤架

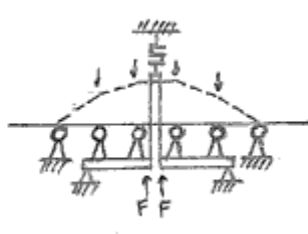


图 1-b 双杠杆式秤架

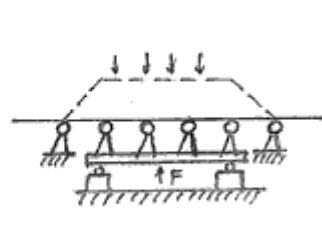


图 1-c 悬浮式秤架

图 1 皮带秤秤架静力受力特性图

单托辊式秤架力平衡方程式

$$F = \frac{b}{a} L \cdot q \quad q=Q/U$$

$$F = \frac{b}{a} L \bullet \frac{Q}{U}$$

F——传感器受力

Q——皮带秤物料流量

q——皮带单位长度上物料的额定载荷

L——托辊间距离

U——皮带速度

在考虑皮带的影响时，最基本的考虑，即是皮带的张力在称重托辊上产生一个附加力。这是因为，通常为了使皮带与称重托辊能始终保持接触，总是使称重托辊比输送托辊稍高出一一点。致使称重托辊与两侧皮带之间产生一倾斜角 α 。假如皮带是完全柔性的，由此产生的附加力为 $2T\sin\alpha$ ，T 为皮带的张力。另外由于物料的重量，使两称重托辊间的皮带下垂一位移，这同样使皮带与称重托辊间形成倾斜角，产生附加力。

其力的大小为：

$$F = qL \pm 2K \frac{d}{L} T \quad (\text{单托辊}) \quad (3-1)$$

相对误差为：

$$\Delta F = \pm \frac{2kd}{qL^2} T \quad (3-2)$$

对于多托辊秤：

$$F = nqL \pm 2K \frac{d}{L} T \quad (\text{多托辊}) \quad (3-3)$$

相对误差为：

$$\Delta F = \pm \frac{2kd}{nqL^2} T \quad (3-4)$$

其中：q——皮带单位长的载荷重量；

L——托辊间距离；

d——皮带的下垂位移量；

n——称重托辊的数目；

K——皮带的刚性系数。

以上是考虑皮带张力影响的最基本的表达式。但实际情况要复杂得多。不少人为此给出了更为复杂和将皮带刚性因素考虑在内的表达式。下面的几个式子是文献中常引用的表达式：

美国 Thayer 衡器公式 F.Hyer 博士的式子

$$F - F_0 = n\bar{q}g\cos\theta + \frac{2dT}{L} + \frac{24EId}{L^3}$$

H.CoLijn 的式子：

$$F - F_0 = n\bar{q}g\cos\theta \pm \frac{2dT}{L} \bullet K(x)$$

其中：

$$K(x) = \frac{1}{1 - \frac{1}{x} \tanh X}$$

$$X = \frac{L}{2} \cos\theta \sqrt{\frac{T \cos\theta}{EI}}$$

和 Schenck 公司 G.Jost 的式子

$$F - F_0 = n\bar{q}g\cos\theta + \left[\frac{2T}{L} + \frac{24EL}{L^3 \cos^3\theta} \bullet K^*(X) \right] \bullet d$$

其中

$$K^*(X) = \frac{1}{3} \bullet \frac{X^2 - \tanh x}{x - \tanh x} \quad x = \frac{L}{2} \cos\theta \sqrt{\frac{T \cos\theta}{EI}}$$

对弈上这三个式子的描述，感兴趣的读者可以找相关的文章。在此不再讲述。但是可以看出在各类衡器中，它是用来描述称重机理的最复杂的表达式。遗憾的是，即使是如此复杂的表达式与传输皮带秤的实际称重结果仍相差甚远。但由以上的各表达式，仍可以看出皮带对称重结果的影响。上述诸式中，第一项为物料的重量；第二项为称重托辊与皮带下垂量 d 和皮带张力 T 引起的附加力；第三项在考虑了皮带刚性影响等的附加力。这就是所谓的“皮带校应”对称重结果的影响。皮带张力对称重结果的影响，主要表现为张力的大小和载荷造成的皮带与称重托辊间的形变的影响。在 H.M.Humpet 的“Testing of Conveyor-Belt Scales”一文中给出单托辊皮带秤载荷大小对测量结果影响的实验结果（参看图 2）。

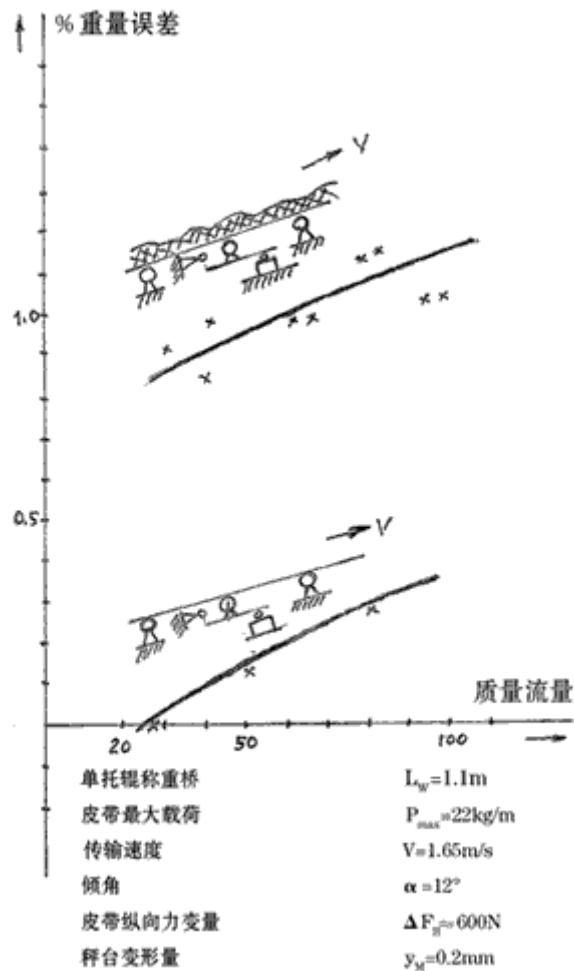


图 2 单托辊皮带秤有载和空载的实验图

秤架的变形量与载荷大小间的关系可表为：

$$y = y_0 - y_M \frac{P_0 + P}{P_0 + P_{\text{max}}} \quad (3-5)$$

式中：\$P_0\$——皮带单位长度的重量；

\$P\$——物料单位长度的重量；

\$P_{\text{MAX}}\$——物料单位长度的最大重量。

根据该著者的分析，认为物料重量的影响，可引起皮带秤测量时产生两种系统误差：

线性误差，根据实验结果有下近似关系：

$$-\Delta f = -1.6y_M \frac{\Delta F_B}{nP_{\text{max}}L^2g} \bullet 100\% \quad (3-6)$$

和测量范围的恒定误差（一种随皮带纵向力变化的平移）：

$$-\delta f = -2y_0 \frac{\Delta F_B}{nP_{\max} L^2 g} \cdot 100\% \quad (3-7)$$

式中：n——称重托辊的数量；

ΔF_B ——皮带的纵向力；

g——重力加速度。

由实验可见皮带秤的测量结果不仅与载荷有关，而且与皮带的张力大小和变化有关。它们的影响是不可忽视的。由图 2 可得出 $\Delta f=0.1\%$ 和 $\delta f(y_0=1\text{mm})=0.45\%$ 。

四、皮带传输机皮带张力计算

我接触过的国外皮带秤公司的技术人员，在安装皮带秤前，都要估算一下所配用的皮带传输机皮带张力。而我国的技术人员，很少考虑这个问题，而且也不知道如何计算皮带张力。

目前有关皮带张力计算的标准有：国标 G8/T17119-1997；国际标准 ISO5048；美国标准 CEMA 和德国标准 DIN22101。有关皮带张力计算的标准更新行快。例如美国标准 CEMA 自 1980 年公布第一版，到 2005 年 4 月已公布第六版。

根据 CEMA 新标准，计算传输机有效皮带张力的公式如下：

$$T_e = LK_t (K_x + K_y W_b + 0.015 W_b) + W_m (LK_y \pm H) + T_p + T_{am} + T_{ac} \quad (4-1)$$

式中：T_e——皮带有效张力，N；

L——传输机皮带长度，m；

K_t——环境温度校正系数；

K_x——计算托辊的摩擦阻力和传输皮带与托辊间的滑动阻力系数，N/m；

K_y——计算传输皮带和载荷越过托辊时的综合挠曲阻力系数；

W_b——传输皮带单位长度的质量，kg/m；

W_m——传输皮带上单位长度物料的质量，kg/m；

H——物料的提升高度，m；

T_p——传输皮带绕在滚筒上的绕曲阻力和所有滚筒在轴承上转动的阻力所产生的张力，N；

T_{am}——传输皮带当物料加载时，由于需对物料连续加速所产生的张力，N；

T_{ac}——由传输机附属装置产生的总张力，N。

对于我们在估算皮带张力时，无需根据工程设计的（4-1）计算。我使用下面的简化公式

$$T_e \approx K_y L (W_m + W_b) + W_m H \quad (4-2)$$

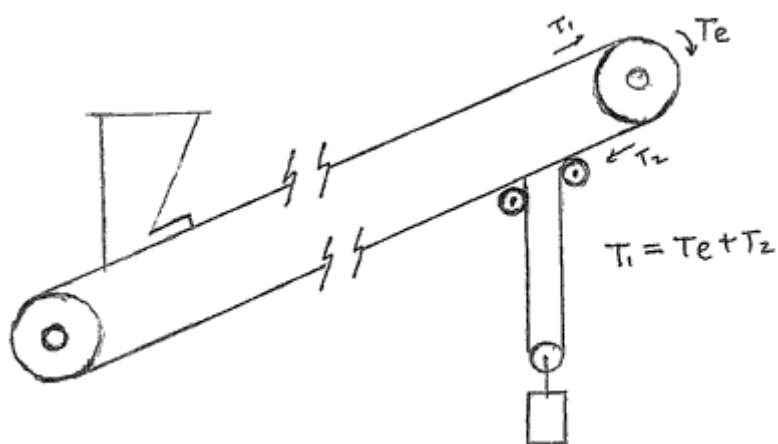


图 3

例：称量为 100t/h；带速 $V=1.5\text{m/s}$ ；带长 $L=90\text{m}$ 。皮带在 50m 处上扬 18° ，即有 45m 斜坡，皮带质量为 32kg/m 。

K_y 可根据 CEMA 标准给出的式子计算，也可根据经验值，在本例中取 $K_y=0.03$ 。将以上数值代入 (4-2) 式，可得皮带的有效张力为：

$$T_e=420 \text{ 千克力}$$

从图 3 可看出，进入传动轮的张力 T_1 ，与脱开传动轮的张力 T_2 与有效张力 T_e 间的关系为：

$$T_1=T_e+T_2 \quad (4-3)$$

$$\text{且} \quad T_e=T_2/C_w \text{ 或 } C_w=T_2/T_e \quad (4-4)$$

$$C_w = \frac{1}{e^{f\theta} - 1} \quad (4-5)$$

式中： C_w ——围包角系数；

e ——自然对数的底数，2.71828；

f ——传动轮（滚筒表面和输送皮带面间的摩擦系数）；

θ ——传输皮带对传动轮的围包角，弧度。

在实际使用上述诸关系时，要注意一个概念：关系式 (4-4) 是围包角系数的定义式，也就是说，即使知道包角系数，也不能通过 (4-4) 式来确定 T_2 ，只能定出最小的 T_2 值。即当 C_w 一定，如果 T_2 小于最小限度时，根据 (4-4) 式可确定此时的 T_2 过小，传动轮不能很好的将动力从一侧传导到另一侧，出现输送带在滚筒上打滑的现象。解决方法是增加 T_2 。另外，当 T_2 一定，如果 C_w 较大，而使 T_e 显小，在此种情况，同样造成皮带在传动轮上打滑，解决方法是增大围包角或增大对皮带的牵引力。

在我们的例子中 $\theta=210^\circ$ (3.67 弧度)， $f \approx 2$ ，则

$$T_2=420 \times 0.94=395 \text{ 千克力。}$$

该张力大约就是安放皮带秤处的张力。我们将 T_2 值与皮带上物料单位长的载荷值作一比较，使读者对皮带张力的数量有一个概念。

$$100\% \text{ 载荷 } 18\text{kg}/395\text{kg} \approx 1:22$$

$$20\% \text{ 载荷 } 3.6\text{kg}/395\text{kg} \approx 1:110$$

需要指出，皮带张力对皮带秤称重桥而言是水平力，物料是垂直力。但当考虑到皮带与称重托辊存在高差时，由（3-1）或（3-3）式就可以估计出皮带张力变化对称重结果的影响。

$$\Delta F = \frac{2D}{T} \Delta T$$

$$\text{设 } L=1.0\text{m}; D=1.0\text{mm}; \Delta T=T \times 5\%=395 \times 5\%$$

$$\text{得: } \Delta F=0.0395\text{kg}$$

相对于满载荷时，相对误差为：

$$\Delta F=0.0395/18=0.22\%$$

在实际运行时，造成皮带张力变化的因素很多，如湿度、温度、皮带厚度不均匀、秤架变形、准直不好等因素。皮带张力的变化，在传输皮带秤中是影响皮带秤测量精度的最主要因素。

五、皮带秤对传感器的要求

根据 OIML R50 国际建议，皮带秤在影响因子的模拟实验时，皮带秤的最大允许误差为：

$$0.5 \text{ 级 } \pm 0.18\%$$

$$1 \text{ 级 } \pm 0.35\%$$

$$2 \text{ 级 } \pm 0.7\%$$

并要求传感器在总误差中分配因子 $P_{LC}=0.7$ 。所以对皮带秤可使用的传感器的最大允许误差为：

$$0.5 \text{ 级 } \pm 0.125\%$$

$$1 \text{ 级 } \pm 0.245\%$$

$$2 \text{ 级 } \pm 0.49\%$$

根据 OIML R60 国际建议，对 C 级传感器（ $P_{LC}=0.7$ ）的最大允许误差的规定为：

$$0 \leq m \leq 500v \quad P_{LC} \times 0.5v = \pm 0.35v$$

$$500 < m \leq 2000v \quad P_{LC} \times 1.0v = \pm 0.70v$$

$$2000 < m \leq 10000v \quad P_{LC} \times 1.5v = \pm 1.05v$$

当传感器处于低分度数（ $<500v$ ）段工作时，传感器对各精度级皮带秤的极限相对误差

(limiting relative error) 的检定分度数 (n) 为:

0.5 级 $n=0.35 \times 100 / 0.126 = 277$ 分度

1 级 $n=0.35 \times 100 / 0.245 = 143$ 分度

2 级 $n=0.35 \times 100 / 0.47 = 71$ 分度

考虑到皮带秤在最坏情况, 即 20%流率 (flow vate), 则最大流率相应的分度数为:

0.5 级 1385 分度 (5×277 分度)

1 级 715 分度 (5×143 分度)

2 级 355 分度 (5×71 分度)

将上分度数按 500 分度取整可得:

0.5 级 1500 分度

1 级 1000 分度

2 级 500 分度

所以任何C级传感器, 只要 $n_{\max}$ 等于和大于此值, 均能满足三个级别皮带秤的使用要求。对以上分析有兴趣的读者可参看“WEIGHING TOWARDS THE YEAR 2000”文集中“Pattern Approval and Verification of weighing instruments constructed from MOULES”一文中的有关部分。

六、技术要求解析

1. 最大流量 ($Q_{\max}$)

根据定义皮带秤的最大流量为最大称量值与皮带的最高速度的乘积。即:

$$Q_{\max} = W_m \cdot V_{\max}$$

其中最大称量 (W_m) 为皮带秤称量长度上单位长度的最大载荷量 (kg/m)。 $V_{\max}$ 为皮带最高速度

传输皮带地最大带速取决于输送物料的性质, 所要求的输送能力、带宽和传送带的张力等。

传输皮带上加载物料的多少受到皮带“垂度”的限制。输送带是依赖托辊支撑。物料的重量和输送带自身的重量均可使两个托辊间的皮带向下悬垂, 为了使皮带能正常运送物料。必需将输送皮带的下吊距离 (垂距) 控制在一定的范围内。

输送带的垂度可由下式确定:

$$y = \frac{L^2 (W_b + W_m) g}{8T} \quad (5-1)$$

式中 y ——垂度, % W_b ——皮带质量, kg/m W_m ——物料的质量, kg/m
 g ——重力加速度, m/s² T ——传送皮带张力, N L ——托辊间距

在设计传输皮带机时，“垂度”要遵循以下限制：

- (1) 当输送带以正常负荷运行时，应保持垂度最大值不超过 3%。
- (2) 当输送带在停机状态时，应保持垂度的最大值不超过 4.5%

经验表明，当输送带的垂度大于托辊间距的 3%时，物料经常会撒出带外。

2. 皮带秤“静态”技术要求

对皮带秤的模拟试验，可视为对皮带秤的“静态”称重试验，因此在模拟试验中，皮带秤不受传输皮带的影响。可以说是对皮带秤称重台架的静态称重试验。皮带秤与其它衡器相比，最重要特点是它的称重结果不仅取决于对重量测量的精度，还取决于皮带运行的速度或距离的测量精度。即皮带秤称重的累计重量的测量有赖于对质量或重量和速度或长度两个物理量的测量。

为此，根据 OIML R50 号国际建议对模拟试验对所配备的试验装置要求：

“能够由位移传感器测量的整个皮带长度和操作人员预设的等量皮带长度与恒定载荷积分结果进行比较的运行检查装置。

· 位移模拟装置，以备试验装置（被测皮带秤）不具备皮带的情况。”

在实际对皮带秤进行模拟实验时，是根据被测皮带秤提供能产生脉冲串的所谓“位移模拟装置”以满足皮带秤控制显示器位移传感器的实际要求。然而，这样产生的脉冲串无论在稳定性还是脉冲间隔的一致性都要比在实际测量时由位移或速度测量仪的输出脉冲串好得多。目前好的测速器精度为 0.05%，分辨率为 10^{-4} 米/秒。而在实际使用时，真正测得皮带速度或长度的精度要比测速器精度低。所以对皮带测速或测距的误差对皮带秤的精度也起着至关重要的影响。而在“静态”试验时，若由模拟器提供脉冲串，皮带测速或测距所引起的误差就很小，甚至可以不考虑。

根据 OIML R50 和 JJG195-2002“连续累计自动衡器（皮带秤）”检定规程的模拟试验要求，对显示控制仪的“静态”技术指标的试验主要包括零点的稳定性，鉴别力和重复性。据此我们可以估算显示控制器的精度要求。以 0.5 级皮带秤为例。首先根据累计显示器零点累计的鉴别力和零点稳定度的要求来估计。

在第五节对传感器的要求中，我们已经指出对 0.5 级的皮带秤可使用的传感器最少有效的分度数不得低于 1500 分度。在考虑到秤的死载荷、“皮带效应”等因素。可选用 C 级 $n=3000$ 分度的传感器。若传感器灵敏度为 2mV/v ，供桥电压为 5V。这样在满量程 1500 分度时，我们可使用的电压为 $5000\mu\text{V}$ 。

根据“累计显示器零点累计的鉴别力”，对 0.5 级皮带秤的要求为，在等于最大秤量的 0.05% 载荷，持续 3min，皮带秤在有载和无载之间示值应有一个明显的差值。此时我们可得出，在这样条件下，传感器的传出电压为 $5000\mu\text{V} \times 0.05\% = 2.5\mu\text{V}$ 。

在模拟实验时皮带秤的长期和短期零点稳定度，由于此时没有“皮带效应”的影响，所以是取决于显示控制器的性能。当今的 Σ - Δ ADC 零点温度影响达到 $5\text{ppm}/^\circ\text{K}$ ，小于 $10\text{ppm}/^\circ\text{K}$

已是不困难。至於重复性的要求一般说也是比较容易达到。

3. 皮带秤现场实验的要求

皮带秤满足模拟实验的情况，是否能满足现场实验的要求，完全取决于皮带传输机的性能和秤架安装的状况。皮带秤的现场实验实际上也就是检验这两方面的性能。

在现场实验对皮带空载运行时的实验有三项：零点的最大允许误差、置零显示器的鉴别力和零载荷的最大偏差。我们以 0.5 级皮带秤为例来分析一下可谓“皮带效应”的影响。

首先皮带传输机传输托辊的不准直、跑偏、两托辊间皮带的下垂引起的倾斜角产生的附加力，以及托辊的加工精度引起的跳动产生的附加力等。

根据 OIML R50 号国际建议，现场试验的要求，对于 0.5 级皮带秤，零点的最大允许误差为：在皮带转动整圈数后，零点示值的误差不得超过试验期间最大流量下累计载荷的 0.05%。在试验零点最大误差的同时，还要检测“零载荷的最大偏差”，即记录下试验过程中累计显示器的最大示值与最小示值。其结果与初始显示值的偏差不得超过试验期间最大流量下累计载荷的 0.18%。

这两个技术参数，是对一台皮带秤能否有效使用的重要指标。它们反映出皮带秤是否安装到位，“皮带效应”的影响是否满足规定范围。

根据第四节的例子，对于单辊皮带秤，皮带张力变化百分之五时。相对于满载荷时的相对误差可达 0.22%。对于零点的最大允许误差当要求最小流量 $Q_{\min}=20\%Q_{\max}$ 为最大流量的 20%时，其差值增加为 0.25%。由此可见，皮带秤的零点最大允差和零载荷的最大偏差对皮带秤的最大允差起着决定的作用。对使用中的皮带秤的零点试验也是判断皮带秤工作是否正常的重要而简便的方法。在国外皮带秤每天使用前都测定零点的误差值，并做记录。只有在判断零点的误差在允差之内才允许工作。

前面已讲过，物料试验是皮带秤目前公证的唯一的可溯源的试验方法。在日常使用时，可用链码或挂码对皮带进行校准。在美国检定机关还规定：

- ①不管是用链码还是用挂码，根据模拟载荷试验，如果误差 $\delta < 0.4\%$ ，对皮带秤可不作任何调整。
- ②如果误差 $0.4\% < \delta \leq 0.6\%$ ，报告检定机关后，则可以进行调整。
- ③如果误差 $0.6\% < \delta \leq 0.75\%$ ，应由专人进行调整，并报告检定机关。
- ④如果误差 $\delta > 0.75\%$ ，则需要检定机关重新进行试验。

对皮带秤的正确使用，日常的管理和检测工作是非常重要的。根据我的经验，如果选用质量好的传感器和控制显示器，皮带秤的稳定性主要是由温度等因素的影响，而引起的“皮带效应”所至。

七、承载器

皮带秤是皮带输送机的一部分，皮带秤承载器同时具有称重台和传输支架的功

能，是皮带秤的关键部件。在皮带秤的发展过程中，承载器的改进，对其性能的改进起着决定性作用。目前国内衡器生产厂家的皮带秤，其承载器基本为双杠杆式和悬浮式两种。而在国际上一些主要皮带秤生产厂家，近年来都推出 Modular Belt Scale(可译为组合式或模块式皮带秤)。在国内将此类皮带秤的承载器，称为“直接承重式承载器。这种皮带秤早在上世纪末就有介绍。组合式或模块式是皮带秤近年来发展的方向之一。传感器生产厂家早就推出各类传感器称重模块 (Weigh Module)。称重模块不仅使用、安装方便，以及能保证传感器的正确使用，更重要的是概念上的进步。使力测量部件变为一个模块，使其一个称重系统可变为由一些模块来组成。皮带秤的 Mdular 也是将以前的秤架，传感器，传力机构等组合起来成为一个整体模块。Modular Belt Scale 是一个单托辊称重单元，如果串列起来就可组成多托辊称重单元。Modnlar Belt Scale 不是简单的把一个托辊加在称重传感器上的单托辊皮带称重器。而是在设计上要由模块化的概念出发。另外在技术上也有改进。首先是采用了平形四边形的加载框架。这样不仅大大提高了载荷颁布不均匀的能力，而且还可以处理“反方向的皮带加载”以及消除皮带跑偏造成的力矩。在 1985 年 S.E.G 报道所发明的模块式皮带秤的文章中，介绍他们的皮带秤，托辊的偏心度要比皮带传输机的通用托辊精十倍。每个托辊的滚筒端有调直的微调螺钉。可使这种皮带秤的调整获得最佳的准直结果。这种皮带秤，即使是单托辊，一些厂家在技术说明中也标出 $\pm 1/2\%$ 的精度和具有长期稳度性。且无需重复标定技术指标。这种双托辊秤组已通过 OIML 的认证。

最后还指出一点，模块式皮带秤，已无秤台，这不仅大大减轻了秤台的重量，而更重要的是免除了秤台带来的诸多问题。首先是没有可动部件提高了长期稳定性、其次大大提高了抗偏载能力。另外安装、调装十分方便。我个人认为这是一种很有发展前途的皮带秤，但目前国内的厂家还很少见这样的产品。

对于皮带秤的承载器的设计还需考虑到它是在动态下使用，因此它的自振频率和所使用的传感器自振频率应有考虑。例如对一台速度为 2m/s，托辊间距为 1m 的皮带秤，在皮带运动时，会产生一个频率为 2Hz 周期性的振动力。为减少这种附加力的影响，由承载器，传感器组成的整个皮带秤称重架的自振频率最少要比它高五到十倍。国外厂家，对动态秤使用的传感器一般都要测定其自振频率。

最后我对使用“承载器响应特性曲线”计算称重传感器量程有不同的思考。皮带秤在实际工作时是均匀分布载荷。而承载器的响应特性曲线是由集中载荷得出，反映皮带上均匀载荷各载荷点对受力点的贡献。若按均匀载荷考虑，受力情况变得更简明。参看图 4，只要知道两个托辊间物料的重量 mg，以及承载器受载荷段的重心位置，根据力矩平衡原理，立即就可以计算出物料对传感器的作用力，只要再加上承重器支架和托辊等的作用、皮带的作用力等，就可确定传感器的量程“承载器响应特性曲线”是用来分析配料皮带秤动态响应工作用。

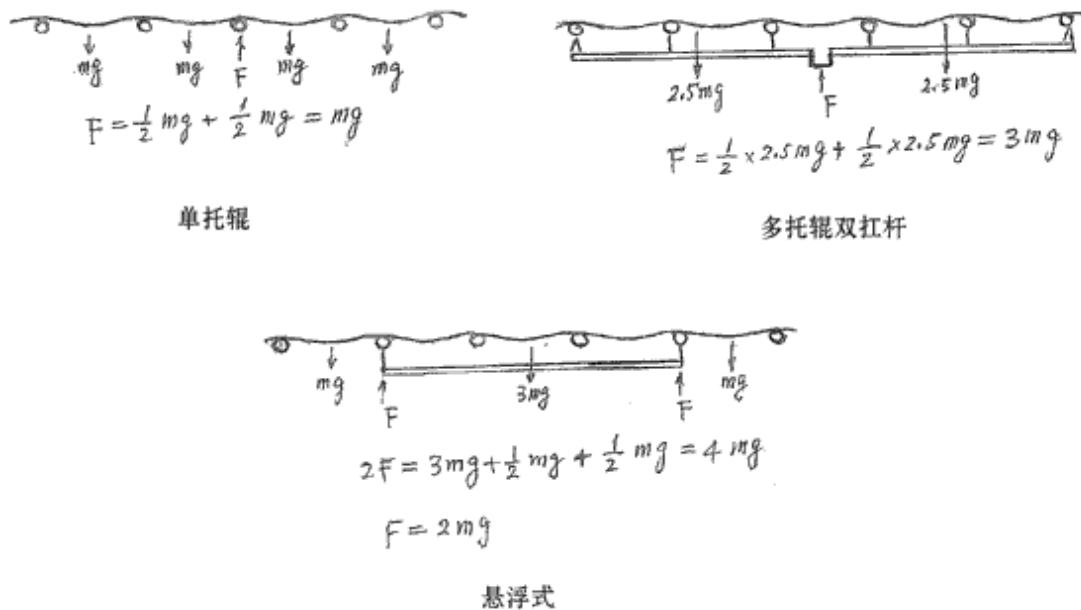


图 4

八、结束语

我不是皮带秤方面的专家。本文只是根据多年来的工作经验和对皮带秤的认识写出。不足和错误是必然的，其内容仅供大家参考，欢迎指正。2001 年我在“交通标准化”第 2 期上的文章中，给出的一个皮带秤误差分析图，由于当时的水平，这样分析是不太恰当的。但发现很多文章都引用，心理十分不安。皮带秤的误差比较复杂，本文又作了一些分析。希望读者不要盲目引用。我分析的目的，是希望大家能通过 OIML 国际建议对皮带秤的技术和计量要求，对皮带秤的制造有深入了解以提高我国皮带秤的水平。

在本文中给出了估算皮带张力的公式，这是对皮带传输机设计皮带张力的“标准”公式。我工作时与国外生产皮带秤厂家的技术人员交往中，发现他们在安装皮带秤时，一般都要估计皮带张力。我也曾向他们要了估算的式子，但一直不知其所以然。这次在文中，因为有了计算皮带张力的出处，才敢将它介绍给读者。希望能对用户和皮带秤的技术人员有所帮助。